

① RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

⑪ N° de publication : 2 824 643

(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

⑫ N° d'enregistrement national : 01 06144

⑤ Int Cl<sup>7</sup> : G 02 B 26/00

⑫

## DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

⑫ Date de dépôt : 10.05.01.

③ Priorité :

④ Date de mise à la disposition du public de la  
demande : 15.11.02 Bulletin 02/46.

⑤ Liste des documents cités dans le rapport de  
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du  
présent fascicule*

⑥ Références à d'autres documents nationaux  
apparentés :

⑦ Demandeur(s) : LAZZARI JEAN PIERRE — FR.

⑧ Inventeur(s) : LAZZARI JEAN PIERRE.

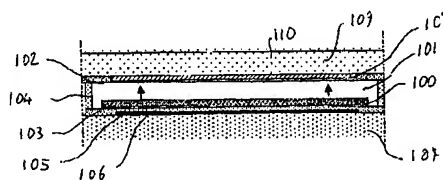
⑨ Titulaire(s) :

⑩ Mandataire(s) :

⑪ DISPOSITIF DE MODULATION DE LUMIÈRE.

⑫ Dispositif de modulation de lumière par réflexion angulaire, diffraction ou interférence, comprenant des surfaces mobiles (100) ayant un degré de liberté de mouvement perpendiculaire à leur surface, à l'intérieur d'un volume (101). Selon la position de la surface mobile (100), la lumière est modulée dans un premier dispositif par réflexion angulaire, dans un second dispositif par diffraction, et dans un troisième dispositif par interférence.

Application aux écrans plats, aux dispositifs pour projection, ou aux dispositifs de multiplexage optique.



FR 2 824 643 - A1



## DISPOSITIF DE MODULATION DE LUMIERE.

5 La présente invention a pour but un dispositif de modulation de lumière. Elle trouve des applications notamment dans les écrans plats, les dispositifs de projection grand écran, le multiplexage optique.

10 La modulation de lumière, consiste en général à moduler par une commande électrique appliquée à un dispositif de modulation de lumière, l'amplitude, la phase, ou la fréquence de la lumière. De très nombreux dispositifs ont été développés dans ce but, parmi lesquels, on trouve les dispositifs qui  
15 utilisent des micro-miroirs flexibles, réalisés par les technologies dites MEMS, c'est à dire en langage anglo saxon Micro Electronic Machining Systems, qui utilisent des procédés proches de ceux de la micro-électronique.

20 Parmi ces dispositifs, Hornbeck dans le brevet US 4596992, décrit des micro-miroirs maintenus par une poutre flexible, au dessus d'une cavité au fond de laquelle des électrodes permettent d'appliquer une différence de tension entre les micro-miroirs et les  
25 électrodes, ce qui a pour conséquence de fléchir les micro-miroirs dans la cavité, et par la même de modifier l'angle de réflexion de la lumière incidente. Des dispositifs issus de ce concept, ont été commercialisés par la société Texas Instrument, sous le nom de DMD, comme Deformable Mirror Device en  
30 langage anglo saxon.

Un dispositif semblable décrit par Worley dans le brevet 5784190, propose des micro-miroirs flexibles déposés sur un substrat transparent, qui sont attirés

par des électrodes transparentes situées sur un autre substrat disposé au dessus des micro-miroirs déformables. Huibers dans le brevet 6172797, attire les micro-miroirs flexibles par des électrodes situées sous les micro-miroirs, comme dans le cas de Hornbeck, les micro-miroirs étant réalisés sur un second substrat transparent, situé au-dessus du substrat qui supporte les électrodes, les micro-miroirs étant limités dans leur course par une butée mécanique. Yagi dans le brevet 0614101, décrit un déflecteur optique qui utilise des micro-miroirs montés sur des barres de torsion, ces micro-miroirs étant attirés par des électrodes situées sur les flancs de sillons obliques.

Une autre catégorie de dispositifs utilisent la diffraction de la lumière. Bloom dans le brevet 5459610 décrit des micro-rubans allongés et flexibles, tenus à leur deux extrémités formant ainsi un pont, qui sous l'effet de forces électrostatiques produites par des électrodes situées sous les micro-rubans, fléchissent en se rapprochant des électrodes, et forment en relation avec d'autres éléments fixes un réseau linéaire de diffraction, les déplacements des micro-rubans pouvant être égaux au quart de la longueur d'onde de la lumière incidente. Selon la taille des micro-rubans déformables, et l'amplitude de leur déformation, il est possible de réfléchir de la lumière colorée, comme décrit dans le brevet 5677783. On trouve de nombreuses variantes de ces dispositifs, comme celles décrites dans le brevet WO 9641226, où les micro-rubans ne sont tenus que d'un côté, et d'autres dispositifs comme ceux décrits dans le brevet EP 1014143, où des micro-rubans sont situés au dessus de canaux, permettant de prendre

plusieurs positions, ce qui produit plusieurs états discrets de diffraction.

Une troisième catégorie de dispositifs à base de micro-surfaces flexibles déplaçables, utilisent  
5 l'interférométrie. Ces dispositifs utilisent des micro-surfaces maintenues par des moyens flexibles, ces micro-surfaces peuvent être réfléchissantes ou transparentes. Ces micro-surfaces se déplacent sous l'influence de forces électrostatiques. La lumière  
10 passe au travers d'un ensemble de couches ayant des indices optiques adéquat, se réfléchissent sur la micro-surface mobile, et selon la séparation de cette micro-surface par rapport aux couches d'indice adéquat, par interférométrie, la lumière est  
15 réfléchie ou absorbée. La surface mobile peut être transparente, supportant des couches d'indice optique adéquat, et sa séparation par rapport à un miroir fixe, produit le même phénomène d'interférométrie. Les brevets RP 0035299 de Philips, WO 8604182, US  
20 4982184, 0667548, US 5022745, et EP 1055949 constituent une bonne illustration de cette troisième catégorie de modulateurs. Comme pour les micro-rubans déformables décrits précédemment, il est possible de réfléchir de la lumière de différente longueur  
25 d'onde, selon les dimensions des micro-surfaces déformables et de l'amplitude de leur déplacement.

Une quatrième catégorie de modulateur de lumière, utilisent des micro-volets qui sont des poutres déformables, activés par des forces  
30 électromagnétiques, comme décrit dans le brevet EP 1026535.

Les modulateurs de lumière qui utilisent des micro-éléments mécaniques, comme décrits dans l'art antérieur des trois premières catégories, se

caractérisent généralement par des consommations électriques relativement faibles, des rendements lumineux qui selon les cas peuvent être excellents, et par un fonctionnement bistable qui facilite grandement l'adressage de chaque élément. Les modulateurs de lumière selon l'art antérieur décrits dans les quatre catégories, se caractérisent par le fait qu'ils sont maintenus par des moyens flexibles, comme des poutres encastrées, des barres de torsion, des miroirs déformables, des surfaces maintenues par des poutres déformables, qui permettent une tenue mécanique flexible, avec force de rappel semblable à celle d'un ressort. Ces moyens assurent souvent par ailleurs une liaison électrique. L'élément mobile est attiré par des forces électrostatiques en direction de l'électrode, ou des forces magnétiques et lorsque ces forces s'annulent, la force élastique des moyens de maintien, ramène l'élément mobile en position de repos. Les éléments mobiles doivent avoir une rigidité suffisante afin d'offrir une bonne planéité afin d'obtenir de bonnes performances optiques.

La demande de brevet N°0103569 déposée le 16 mars 2001, décrit des micro-volets qui peuvent être des miroirs, ou des surface opaques à la lumière selon l'application, qui sont maintenus par des barres de torsion, et qui sont situés entre deux surfaces perpendiculaires, contenant des électrodes situées de part et d'autre des micro-volets. Ces derniers sont très souples, n'ont qu'une très faible rigidité mécanique. En position extrême ils plaquent toujours sur les surfaces planes comprenant les électrodes, ce qui leur assure une excellente planéité et une position précise, en angle et en relation avec les autres éléments du dispositif, d'où des rendements

optiques excellents. Les micro-volets étant très légers, ils peuvent se mouvoir en un temps extrêmement court. Enfin , tous les mouvements sont engendrés par des forces électrostatiques, les forces de rappel élastiques ne jouent ici qu'un rôle secondaire.

Tous ces dispositifs souffrent néanmoins de problèmes liés aux moyens de maintien flexibles. En effet, selon l'application, les éléments mobiles peuvent être sollicités des centaines de milliards de fois pendant la durée de vie du produit. Les sollicitations répétées des poutres encastrées, ou des barres de torsion amènent des problèmes de fatigue qui peuvent être très variables d'un élément à un autre, donc difficilement contrôlables. De plus, les moyens flexibles de maintien occupent une place importante par rapport à la surface active de l'élément mobile, ce qui réduit l'efficacité lumineuse du dispositif. Quand le plus souvent le rappel des éléments mobile se fait par des forces élastiques, pour que le volet revienne en position de repos rapidement, il faut que la rigidité des moyens flexibles de maintien soit la plus élevée possible, ce qui impose des forces de commande élevées. La réalisation des moyens flexibles, est complexe, car elle nécessite un contrôle précis des formes et dimensions des poutres encastrées ou des barres de torsion, le choix de matériaux à haute résistance à la flexion ou à la torsion, des surfaces d'encrage suffisamment dimensionnées, et des contacts électriques avec des lignes , des colonnes, ou des sorties de transistors, ce qui rend l'ensemble assez complexe.

La présente invention a pour but de remédier à ces inconvénients, en proposant des dispositifs de modulation de lumière utilisable selon les quatre catégories de modulation de lumière décrites précédemment : la modulation par réflexion angulaire, par diffraction de la lumière, par interférométrie, par commande électrostatique, ou électromagnétique. Les dispositifs selon l'invention, éliminent les problèmes de fatigue , d'encombrement ,de rigidité, des moyens flexibles de maintien , ainsi que ceux liés à leur fabrication .

Ce but est atteint par l'invention, grâce à un élément mobile se déplaçant sous l'influence de forces électrostatiques ou magnétiques, pour venir en appui sur des surfaces situées de part et d'autre de l'élément mobile , l'élément mobile n'étant maintenu par aucun moyen flexible, l'élément mobile étant libre de se déplacer à l'intérieur d'un volume plat, ne permettant à l'élément mobile qu'un seul degré de liberté. Selon une forme particulière de l'invention, l'élément mobile est relié à une source de tension par des moyens de contact électrique.

De façon plus précise, l'invention a pour objet un modulateur de lumière, permettant la modulation de lumière par réflexion angulaire, par diffraction ou par interférométrie, comprenant des surfaces mobiles constituées de couches minces diélectriques transparentes ou diélectriques réfléchissantes, ou conductrices réfléchissantes, ou magnétiques réfléchissantes. Ces surfaces mobiles sont placées à l'intérieur de volumes de forme plate, constitués de deux surfaces de base, qui peuvent être parallèles ou inclinées l'une par rapport à l'autre. L'une de ces surfaces de base est transparente. Ces surfaces de

base sont légèrement plus grandes que celles des surfaces mobiles, et sont séparées par des surfaces périphériques fermant chacun des volumes considérés. La séparation des surfaces de base est petite devant leurs dimensions, ce qui constitue avec les surfaces périphériques, des volumes plats, de façon à ce que les surfaces mobiles, à l'intérieur de chacun de ces volumes, ne puissent avoir qu'un seul degré de mouvement quasiment perpendiculaire à leur surface, pour venir prendre appui sur l'une ou sur l'autre des deux surfaces de base de chaque volume. Les surfaces mobiles n'ont aucune liaison mécanique flexible avec les surfaces qui les entourent. Dans le cas où les surfaces mobiles sont actionnées par des forces électrostatiques, les surfaces de base comprennent des électrodes isolées reliées à des sources de tension, ces électrodes, selon leur polarisation, génèrent des forces électrostatiques qui font se déplacer les surfaces mobiles à l'intérieur de leur volume plat. Les surfaces mobiles sont constituées selon un premier mode de l'invention de couches minces diélectriques transparentes ou diélectriques réfléchissantes, comprenant des charges électrostatiques piégées en surface ou en volume. Selon un deuxième mode de l'invention, les surfaces mobiles sont conductrices et réfléchissantes, et sont reliées à une source de tension par des contacts électriques situés à l'intérieur des surfaces de base. Selon un troisième mode de l'invention, les surfaces mobiles sont magnétiques et réfléchissantes et sont actionnées par des moyens magnétiques extérieurs aux surfaces de base.



De toute façon, les caractéristiques et avantages de l'invention, apparaîtront mieux après la description qui suit, donnée à titre explicatif et nullement limitatif. Cette description se réfère aux  
5 dessins annexés, sur lesquels :

--La figure 1 montre la section d'un dispositif selon le premier mode de l'invention.

--La figure 2 montre la section d'un dispositif selon le premier mode de l'invention, le volume plat  
10 ayant des surfaces obliques

--La figure 3 montre la section d'un dispositif selon le second mode de l'invention.

--La figure 4 montre la section d'un dispositif selon le second mode de l'invention, la surface  
15 mobile étant au repos.

--La figure 5 montre la section d'un dispositif selon le troisième mode de l'invention, la surface mobile étant magnétique.

--La figure 6 montre une vue en perspective d'un modulateur par réflexion angulaire selon l'invention  
20

--La figure 7a montre une vue de dessus un exemple selon l'invention d'un modulateur à double réseau de diffraction.

--La figure 7b montre la section de ce modulateur.  
25

--La figure 8a montre en vue de dessus un exemple selon l'invention d'un réseau de modulateurs par interférométrie

--La figure 8b montre la coupe du modulateur par  
30 interférométrie.

La figure 1 montre la section d'un dispositif selon le premier mode de l'invention. La surface mobile

(100) est une couche diélectrique comprenant des charges piégées en surface ou en volume. Elle peut être constituée par exemple d'une couche de  $\text{SiO}_2$  de 500Å° à quelques milliers d'angströms, ayant subi un bombardement d'électrons, ce qui induit des densités de charges de l'ordre de  $10^{12}$  charges par centimètre carré. Elle peut selon un autre exemple être constituée d'une couche organique du type électret connue de l'homme de l'art, ou d'un oxyde de silicium réalisée en voie humide, comprenant des charges hydroxydes négatives, connues également de l'homme de l'art. Cette surface mobile, est soit transparente, avec un indice optique adéquat, soit revêtue d'une couche réfléchissante, comme une fine couche d'aluminium par exemple. La surface mobile est à l'intérieur d'un volume (101), délimité par les deux surfaces de base (102) et (103) légèrement plus grandes que la surface mobile (100), les deux surfaces de base (102) et (103) étant séparées par une paroi périphérique (104) de faible hauteur devant les dimensions des surfaces de base (102) et (103), le volume (101) ayant la forme d'un volume plat. La surface (103) est constituée d'une électrode (105) reliée à une source de tension, et isolée par une couche diélectrique (106), l'ensemble constitué par la surface (103), l'électrode (105), et la couche diélectrique (106) est réalisé en couches minces déposées sur un substrat (107) . La surface supérieure (102) est constituée d'une électrode transparente (108) reliée à une seconde source de tension. Cette électrode transparente constituée par exemple d'oxyde d'étain et d'indium, souvent appelé ITO, est déposée sur un substrat transparent (109) comme du verre par exemple, et isolée par une couche

diélectrique transparente (110). Si les charges piégées dans la surface mobile (100) sont négatives par exemple, en appliquant une tension négative sur l'électrode (105), et en même temps une tension positive sur l'électrode (108), les forces électrostatiques générées vont attirer la surface mobile (100) contre la surface supérieure (102), comme le montrent les flèches de la figure 1. En inversant les polarités sur les électrodes (105) et (108), la surface mobile (100) sera attirée contre la surface (103). Ce premier dispositif décrit par la figure 1, permet de faire un modulateur de lumière par diffraction ou interférométrie. Dans le cas de la diffraction, la surface mobile (100) est réfléchissante, la lumière incidente traverse le substrat (109), l'électrode (108), et la couche diélectrique (110). Les déplacements de la surface mobile (100) ont une amplitude égale par exemple au quart de la longueur d'onde de la lumière incidente, afin de former un réseau de diffraction, en relation avec d'autres éléments du dispositifs, comme montré par les figures 7a et 7b décrites par la suite.

Dans le cas de l'interférométrie, la surface mobile (100) dans un premier exemple est réfléchissante, et les couches transparentes (110), (108) et du substrat (109) ont un indice adéquat, afin que selon la position de la surface mobile (100) contre la surface (102) ou contre la surface (103), la lumière soit par interférométrie, réfléchie ou absorbée.

Dans un second exemple, la surface mobile est transparente, avec des couches transparentes formant un indice optique adéquat, et la surface (103) est réfléchissante, afin que par interférométrie, la lumière incidente soit réfléchie ou absorbée, selon

la position de la surface mobile (100) par rapport à la surface réfléchissante (103).

La figure 2 montre un autre dispositif de modulation de la lumière par réflexion angulaire, sur une couche réfléchissante d'angle variable.

5 On retrouve la même structure que celle de la figure 1, à la différence que les surfaces (102) et (103) ne sont pas parallèles, et qu'elles forment un angle entre elles de quelques degrés à quelques dizaines de  
10 degrés. Le substrat (109), l'électrode (108), et la couche diélectrique (110) sont transparents. La surface mobile (100) est réfléchissante. Selon les polarisations des électrodes (105) et (108), la surface mobile est attirée contre la surface (103) ou  
15 contre la surface (102), réfléchissant le faisceau lumineux (200) sur le plan de la surface (102); ou celui de la surface (103).

La figure 3 montre un dispositif selon le second mode de l'invention. La surface mobile (100) est  
20 conductrice. Elle peut être réfléchissante ou transparente. Des électrodes supplémentaires (300), déposées sur les surfaces (102) et (103), sont reliées à une troisième source de tension. Lorsqu'une différence de tension est appliquée entre l'électrode  
25 (105), et les électrodes (300), et que la tension appliquée aux électrodes (300) est la même que celle appliquée à l'électrode (108), la surface mobile conductrice (100) qui est en contact avec les électrodes (300), n'aura aucune force d'attraction en  
30 direction de l'électrode (108), et sera attirée en direction de l'électrode (105), contre la surface (103). En appliquant une différence de potentiel entre les électrodes (300), et l'électrode (108), l'électrode (105) ayant la même tension que les

électrodes (300), la surface mobile (100), en contact avec les électrodes (300) sera attirée par l'électrode (108), et viendra plaquer contre la surface (102), en ayant toujours un contact avec les électrodes (300). En position extrêmes, c'est à dire lorsque la surface mobile (100) plaque soit sur la surface (102), soit sur la surface (103), le contact de la surface mobile conductrice (100) avec les électrodes (300) est assurée par les forces électrostatiques. La figure 4 montre la section d'un dispositif par diffraction ou interférométrie selon le second mode de l'invention, la surface mobile (100) étant au repos. Sur cette figure nous n'avons représenté que la surface mobile (100), les électrodes (300), et les surfaces (102) et (103) pour simplifier la lecture de la figure. La séparation entre les surfaces (102) et (103) est très faible par rapport aux dimensions de ces surfaces. Si l'on considère un dispositif par diffraction par exemple, la dite séparation est égale à l'épaisseur de la surface mobile (100) plus par exemple le quart de la longueur d'onde de la lumière incidente. Si l'on choisit par exemple une longueur d'onde de la lumière incidente de  $8520\text{\AA}$ , la séparation entre les deux surfaces (102) et (103) sera de  $2130\text{\AA}$  plus l'épaisseur de la surface mobile (100) qui peut être égale à  $800\text{\AA}$  par exemple, soit une séparation de  $2930\text{\AA}$ , selon l'exemple donné. Les dimensions du volume interne du dispositif des figures 1, 3, ou 4, peuvent être par exemple de  $1\mu\text{m} \times 1\mu\text{m} \times 0,2930\mu\text{m}$ . La surface mobile peut avoir selon cet exemple, une dimension de  $0,8\mu\text{m} \times 0,8\mu\text{m} \times 0,08\mu\text{m}$ . A cette échelle, la surface mobile (100) n'est jamais parfaitement plane, et les déformations de sa surface au repos

sont largement supérieures à  $0,3 \mu\text{m}$ . Ainsi, en toute circonstance, la surface mobile conductrice (100) aura toujours un contact avec les électrodes (300). Afin de favoriser ce contact, les électrodes (300) peuvent être une couche mince conductrice ayant la forme d'une grille conductrice dont la section est montrée sur la figure 4. De nombreux points de contacts seront donc assurés entre la surface mobile (100) et les électrodes (300). Selon un mode préféré de l'invention, les électrodes (300) déposées sur le substrat transparent (109), sont transparentes également. Lorsque la surface mobile est appliquée par des forces électrostatiques sur les surfaces (102) ou (103), ces forces électrostatiques, sont d'autant plus importantes que la distance entre la surface mobile (100) et les électrodes isolées (105) et (108) est faible. Cette séparation est donnée par l'épaisseur des couches isolantes (110) et (106). La surface mobile (100) épouse sous l'influence des forces électrostatiques, la forme des surfaces (102) et (103), c'est à dire prend la forme d'un plan parfait.

La figure 5 montre en coupe, un dispositif selon le troisième mode de l'invention. Selon ce mode, la surface mobile (100) est magnétique. Elle peut être constituée d'une couche mince de FeNi par exemple. A l'extérieur des substrats (109) et (107), il y a des moyens (500) et (501), comme des bobines, ou des aimants, qui génèrent des champs magnétiques. Si le moyen (501) génère un champ magnétique, la surface mobile (100) sera attirée dans sa direction, et prendra appui contre la surface (103). Il en est de même pour le moyen (500), et la surface (102). Selon ce troisième mode, les moyens (500) et (501), ne sont

utilisés que pour actionner les surfaces mobiles, puis sont retirés, laissant les surfaces mobiles dans leur position contre la surface (102) ou contre la surface (103). En effet, l'expérience montre que  
5 lorsque la surface mobile (100) est en contact avec une des surfaces (102) ou (103), elle reste plaquée, probablement tenue par des forces de liaison, jusqu'à ce que des forces électrostatiques ou magnétiques ne viennent l'en extraire.

10 La figure 6 montre par une vue en perspective de la coupe d'un dispositif de modulation de lumière par réflexion angulaire selon deux directions, d'un exemple de réalisation. Sur un substrat qui peut-être  
15 avantageusement une tranche de silicium, ou un substrat de verre, on réalise par moulage sous pression, technique connue de l'homme de l'art, un profil ayant la forme d'alvéoles (601), séparées par des cloisons (600). Les alvéoles ont un plan incliné (603), et une marche (602). Les plans inclinés (603)  
20 peuvent être tous orientés dans la même direction, ou peuvent avoir d'autres directions. Sur ce profile, on dépose une couche de SiO<sub>2</sub>, puis une couche conductrice que l'on grave pour former les premières électrodes (105) de la figure 2. Ces électrodes sont  
25 reliées entre être et connectées à une première source de tension. On dépose ensuite une seconde couche de SiO<sub>2</sub>, puis une seconde couche conductrice que l'on grave pour former le premier ensemble d'électrodes (300), non représentées sur la figure 6  
30. On dépose une couche sacrificielle choisie pour être éliminée de préférence par gravure sèche, comme une couche organique par exemple que l'on grave dans un plasma d'oxygène, puis on dépose une couche d'aluminium de 800 Å par exemple, que l'on grave

pour former les surfaces mobiles (100) comme montré sur la figure 2. On élimine la couche sacrificielle par un plasma d'oxygène. Sur un second substrat transparent, comme du verre par exemple, on réalise les électrodes isolées (108), et le second ensemble d'électrodes (300). On assemble les deux substrats dans un vide partiel, en réalisant un cordon étanche à la périphérie du dispositif comprenant l'ensemble des alvéoles de la figure 6. Le vide permet d'assurer à la fois un bon plaquage des deux substrats par la pression atmosphérique qui s'exerce sur les deux substrats, et à la fois de réduire la viscosité gazeuse pour les mouvements rapides de la surface mobile (100). Ce dispositif par réflexion angulaire, peut être aussi réalisé selon le premier mode de l'invention, la surface mobile ayant des charges piégées. Dans ce cas, les électrodes (300) ne sont pas utiles. Il peut aussi être réalisé selon le troisième mode de l'invention, la surface mobile (100) étant dans ce cas magnétique, l'ensemble des électrodes n'étant pas utiles dans ce cas.

Les figures 7a et la coupe 7b selon l'axe (A), montrent un exemple de réalisation de dispositif de modulation de la lumière par diffraction. Sur un substrat (107) qui peut être une tranche de silicium, on dépose les électrodes isolées (105) comme décrit précédemment. On dépose ensuite une couche de séparation (700) d'épaisseur par exemple égale à  $2930 \text{ \AA}$ . On dépose sur cette couche, une couche réfléchissante, comme une couche de  $1400 \text{ \AA}$  d'aluminium par exemple. On grave cette couche réfléchissante, et la couche de séparation (700) sous forme d'un damier par exemple, comme montré sur la figure 7a. La forme et les dimensions du damier



peuvent être optimisées pour former un réseau de diffraction à deux dimensions réfléchissant des longueurs d'onde choisies en fonction des dimensions du damier, et de l'épaisseur de la couche de séparation (700). On dépose ensuite une couche sacrificielle on réalise les surfaces mobiles qui selon l'exemple montré sur la figure 7b, sont des couches de  $0,03\mu\text{m}$  de  $\text{SiO}_2$ , soumis à un bombardement d'électrons pour générer des charges piégées en surface. On dépose ensuite une seconde couche fine de  $\text{SiO}_2$  de  $0,03\mu\text{m}$  afin d'enrober les charges piégées, et enfin une couche fine d'aluminium de  $0,08\mu\text{m}$  pour rendre la surface mobile réfléchissante. L'épaisseur totale de la surface mobile est de  $1400 \text{ \AA}$ , ce qui fait que lorsque la surface mobile est plaquée contre la surface (103), la distance entre la partie réfléchissante de la surface mobile, et la partie réfléchissante de la surface (701) est égale à l'épaisseur de la séparation (700). On grave l'ensemble des couches formant la surface mobile (100) puis on élimine la couche sacrificielle comme décrit précédemment. Sur un second substrat transparent, on dépose une surface conductrice transparente formée d'une couche d'oxyde d'indium par exemple, que l'on grave pour former les électrodes (108), sous la forme d'un réseau de lignes perpendiculaires aux précédentes électrodes. On dépose ensuite une couche isolante comme du  $\text{SiO}_2$  par exemple. On assemble les deux substrats selon les procédés décrits précédemment. Lorsque à une intersection d'électrodes (105) et (108), on fait plaquer la surface mobile correspondant contre le substrat de verre, la surface mobile sera au même niveau que la surface réfléchissante de la partie supérieure non gravée

(601) de la couche d'espacement (600). La lumière incidente sera donc réfléchiée sans diffraction. Sur une autre intersection entre les électrodes (105) et (108), si la surface mobile est en contact avec la surface (103) il y aura une séparation de  $2930 \text{ \AA}$  égale au  $1/4$  de la longueur d'onde de la lumière incidente, entre la surface mobile réfléchissante, et la partie supérieure non gravée (701) de la couche d'espacement (700), ce qui produira une diffraction de la lumière selon l'exemple donné. Ce dispositif de modulation de la lumière par diffraction, peut également être réalisé selon le second mode de l'invention, c'est à dire en utilisant une surface mobile (100) conductrice et réfléchissante, en contact électrique avec des électrodes (300), ou selon le troisième mode de l'invention, avec des surfaces mobiles magnétiques.

Les figures 8a et la coupe 8b, selon l'axe (B) montrent un exemple de réalisation de dispositif de modulation de la lumière par interférence. Sur un substrat (107) de la figure 8b, on réalise les électrodes isolées (105), et les électrodes (300) non représentées sur la figure 8b. On dépose une couche d'espacement semblable à celle de la couche (700) de la figure 7, que l'on grave pour former un réseau de cavités (800) et (801). On réalise la surface mobile (100) selon les méthodes décrites précédemment. Sur un second substrat transparent (109), on réalise les électrodes isolées transparentes (108), non représentées sur la figure. On dépose ensuite une couche transparente d'indice adéquat, afin de former des interférences avec la surface mobile (100) qui se traduisent par une position d'absorption de la lumière lorsque la

surface mobile (100) est en contact avec les couches (802), comme montré sur la figure 8a, par la surface sombre (800), ou par une réflexion, lorsque la surface mobile (100) est en contact avec la surface (103), séparée des couches (802) par une distance égale par exemple au  $1/4$  de la longueur d'onde de la lumière incidente, comme montré sur la figure 8a, par la surface (801). Le même dispositif peut être réalisé selon le second mode de l'invention, les surfaces mobiles (100) étant conductrices, et en contact avec des électrodes (300), ou selon le troisième mode de l'invention, avec une surface mobile (100) magnétique. De nombreuses autres configurations peuvent être envisagées, comme par exemple une surface mobile réalisée en couches transparentes d'indice adéquat et une couche réfléchissante sur la surface (103). Ces différentes combinaisons formant des interférences sont connues de l'homme de l'art.

20

25

30

## REVENDICATIONS

5

1. Dispositif de modulation de lumière par réflexion angulaire, diffraction ou interférence, caractérisé en ce qu'il comporte des surfaces mobiles (100) qui interagissent avec la lumière, et qui  
10 peuvent se mouvoir sous l'effet de forces électrostatiques ou magnétiques, perpendiculairement à leur surfaces, sans liaison mécanique avec les parties qui l'entourent, à l'intérieur de volumes plats (101) pour venir prendre appui contre les  
15 surfaces de bases (102) et (103) des volumes plats, les surfaces (102) étant transparentes.

20

2. Dispositif de modulation de lumière par réflexion angulaire diffraction ou interférence, selon la revendication 1, caractérisé en ce que les surfaces mobiles (100) soient constituées de matériau diélectrique comportant des charges électrostatiques piégées, les dites surfaces mobiles étant réfléchissantes ou transparentes.

25

3. Dispositif de modulation de lumière par réflexion angulaire, diffraction ou interférence, selon la revendication 1, caractérisé en ce que les surfaces mobiles (100) soient constituées de matériau conducteur les dites surfaces mobiles étant réfléchissantes ou transparentes.

30

4. Dispositif de modulation de lumière par réflexion angulaire, diffraction ou interférence, selon la revendication 1, caractérisé en ce que les surfaces mobiles (100) soient constituées d'un matériau magnétique réfléchissant.

5. Dispositif de modulation de lumière par réflexion angulaire, diffraction ou interférence, selon la revendication 1, caractérisé en ce que les volumes (101) comportent deux surfaces (102) et (103) parallèles ou formant un angle entre elles, les dites surfaces comportant des électrodes isolées.

6. Dispositif de modulation de lumière par réflexion angulaire, diffraction ou interférence, selon la revendication 3, caractérisé en ce que les surfaces (102) et (103) comportent des électrodes (300) qui par contact électrique polarisent les surfaces mobiles (100) lorsqu'elles sont conductrices.

7. Dispositif de modulation de la lumière par réflexion angulaire, selon les revendications 1,2,5, caractérisé en ce qu'il comporte sur un premier substrat des alvéoles (501) comportant un plan incliné (503), des séparations (500), des électrodes (105) des surfaces mobiles réfléchissantes, ayant des charges piégées, dans chacune de ces alvéoles, et un second substrat (109) comportant des électrodes transparentes (108), les deux substrats étant assemblés de préférence sous un vide partiel, pour former des volumes plats, contenant les surfaces mobiles (100), qui réfléchissent la lumière selon les plans des surfaces de base (102) ou (103), selon que les surfaces mobiles plaquent sur l'une ou sur l'autre surface.

8. Dispositif de modulation de la lumière par réflexion angulaire, selon les revendications 1,3,4,5,6, caractérisé en ce qu'il comporte sur un premier substrat des alvéoles (501) comportant un plan incliné (503), des séparations (500), des électrodes (105), et (300), des surfaces mobiles

conductrices et réfléchissantes (100) dans chacune de ces alvéoles, et un second substrat transparent (109) comportant des électrodes transparentes (108) et (300), les deux substrats étant assemblés de préférence sous un vide partiel, pour former des volumes plats, contenant les surfaces mobiles (100), qui réfléchissent la lumière selon les plans des surfaces de base (102) ou (103) selon que la surface mobile est plaquée sur l'une ou sur l'autre de ces surfaces.

9. Dispositif de modulation de la lumière par diffraction, selon les revendications 1,2,3,5,6, caractérisé en ce qu'il comporte un double réseau de diffraction, constitué sur un premier substrat (107) de surfaces réfléchissantes (601) gravée pour former des cavités plates (101) alternés, dans lesquels on trouve les surfaces mobiles (100) réfléchissantes, ces cavités plates sont refermées par un second substrat transparent (109) assemblé de préférence sous un vide partiel avec le premier substrat (107). Selon la position des surfaces mobiles réfléchissantes en contact avec le fond des cavités (101) ou en contact avec la surface du substrat transparent (109) la lumière est diffractée ou réfléchie, en formant, avec les surfaces (601) un double réseau de diffraction.

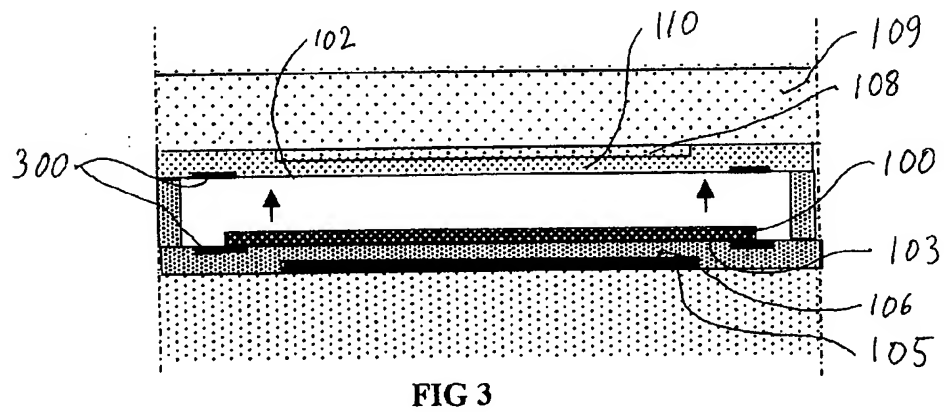
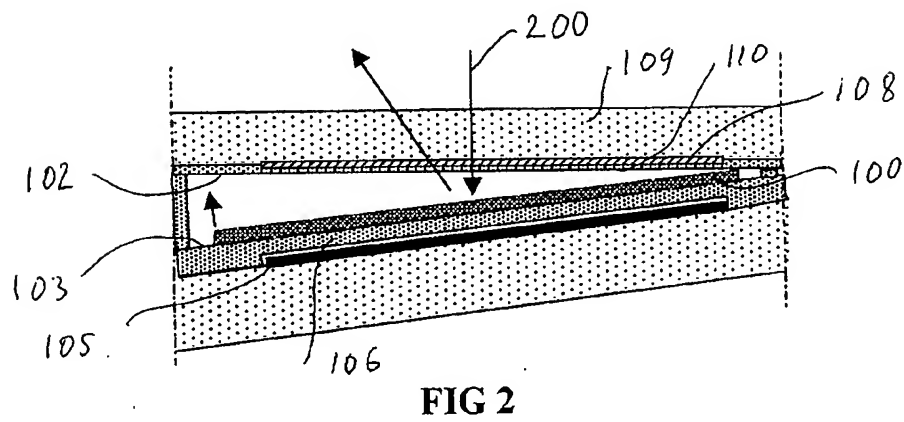
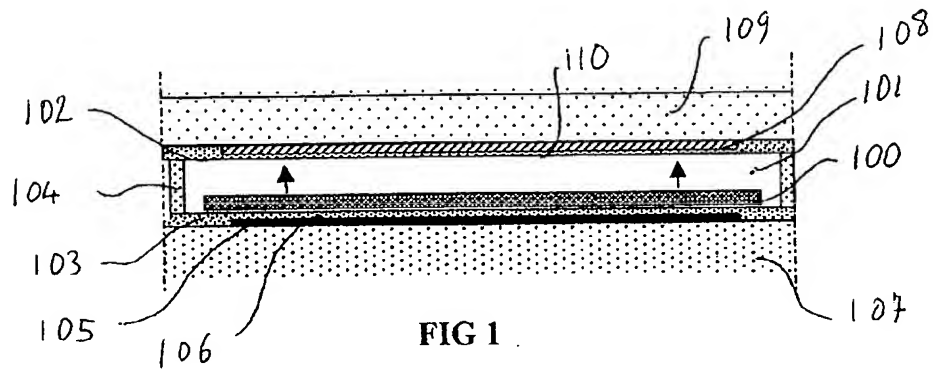
10. Dispositif de modulation de lumière par interférence, selon les revendications 1 à 6 caractérisé en ce qu'il comporte sur un premier substrat (107), des cavités (701) séparées par des parois (700) dans lesquels on trouve les surfaces mobiles (100) assemblé de préférence sous un vide partiel avec un second substrat transparent (109) Selon la position des surfaces mobiles (100) en

contact avec les surfaces (103) ou les surfaces (102) contenant des couches transparentes ayant un indice adéquat, produisent des interférences qui absorbent ou réfléchissent la lumière incidente.

5            11. Dispositif de modulation de la lumière par réflexion angulaire, diffraction, ou interférence, selon les revendications, 1, 4, 8, 9, 10 caractérisé en ce qu'il comporte des surfaces mobiles (100) magnétiques et réfléchissantes, qui sous l'influence  
10 de force magnétiques générées par des moyens extérieurs (500) et (501) font plaquer les surfaces mobiles (100), sur les surfaces de base (102) ou (103), la lumière incidente se réfléchit sur les  
15 surfaces mobiles (100) au travers de la surface transparente (102), pour être réfléchie selon les angles des surfaces (102) ou (103), ou modulée par diffraction ou interférométrie, les moyens magnétiques extérieurs (500) et (501) étant retirés  
20 après avoir attiré les surfaces réfléchissantes (100) sur l'une ou l'autre des surfaces de base (102) ou (103).

          12. Dispositif de modulation de la lumière par diffraction ou interférence, selon les revendications 9, 10, 11, caractérisé en ce que la sélection de la  
25 longueur d'onde de la lumière réfléchie soit déterminée par les dimensions de la surface de base (102) de chaque volume (101), ainsi que par l'amplitude du mouvement des surfaces mobiles (100).

1/3





2/3

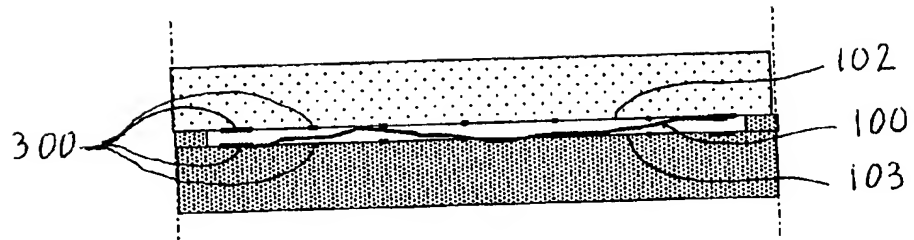


FIG 4

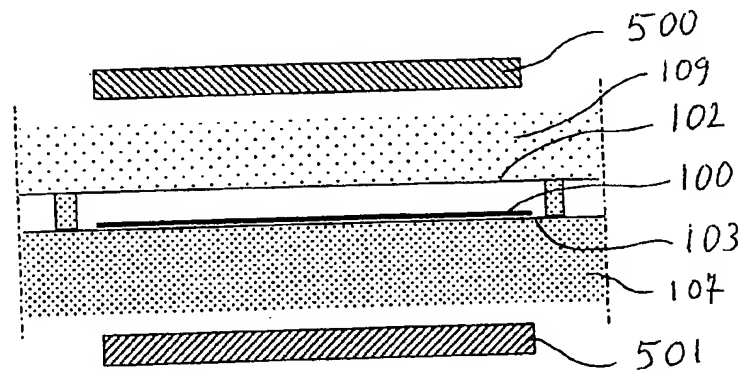


FIG 5

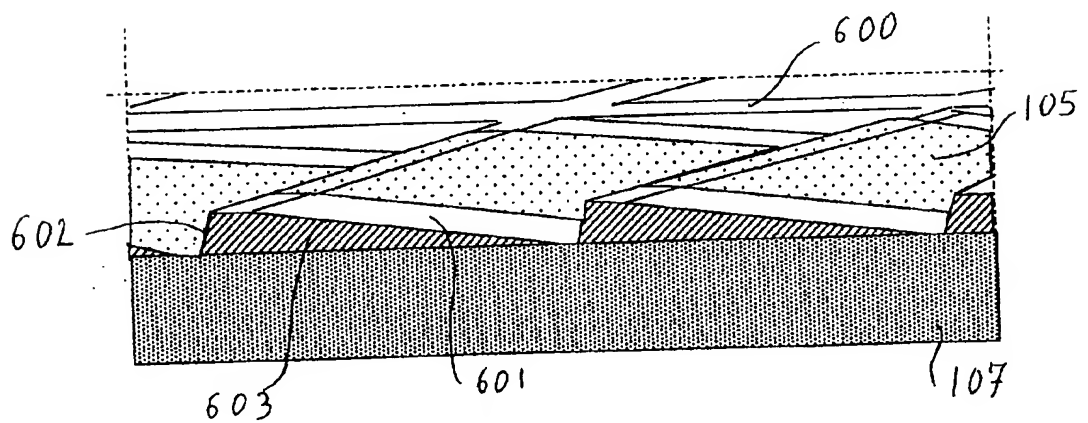


FIG 6

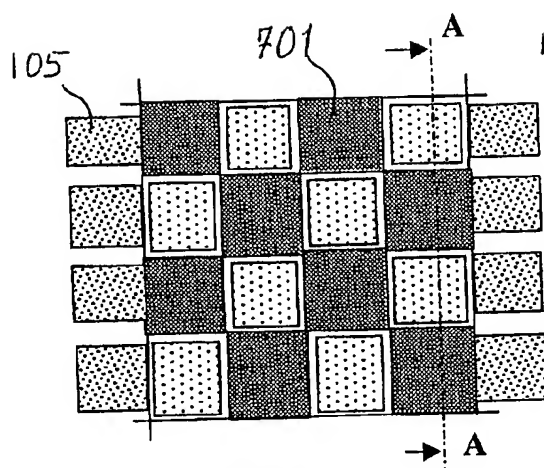


FIG 7a

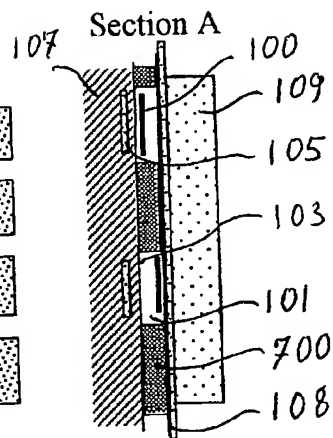


FIG 7b

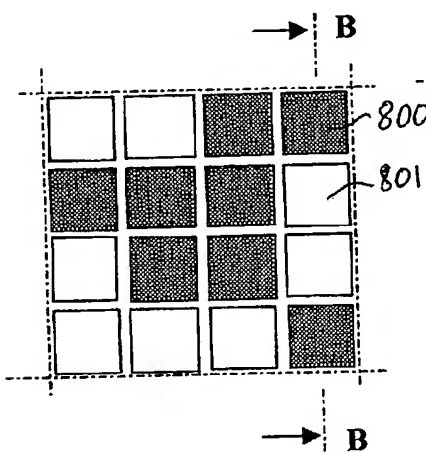


FIG 8a

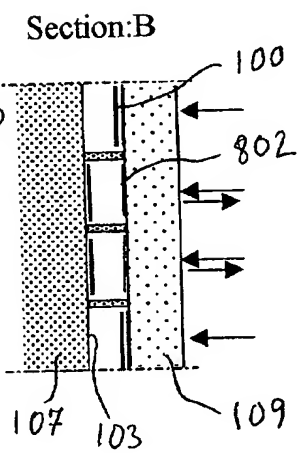


FIG 8b



2824643

# RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

N° d'enregistrement  
national

établi sur la base des dernières revendications  
déposées avant le commencement de la recherche

FA 607185  
FR 0106144

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	US 4 403 248 A (TE VELDE TIES S) 6 septembre 1983 (1983-09-06) * colonne 1, ligne 1 - ligne 16 * * colonne 5, ligne 21 - colonne 8, ligne 16 *	1, 3, 5, 6, 10, 12	G02B26/00
X	US 4 178 077 A (TE VELDE TIES S) 11 décembre 1979 (1979-12-11) * colonne 3, ligne 45 - colonne 4, ligne 7 * * colonne 4, ligne 67 - colonne 5, ligne 31 *	1, 3, 5, 6	
A	US 3 955 880 A (LIERKE ERNST-GUNTHER) 11 mai 1976 (1976-05-11) * colonne 3, ligne 1 - ligne 27 *	1	
D, A	US 4 617 608 A (BLONDER GREG E ET AL) 14 octobre 1986 (1986-10-14) * abrégé *	1	
D, A	EP 1 055 949 A (SAGEM) 29 novembre 2000 (2000-11-29) * abrégé *	1	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (Int.CL.7)
D, A	EP 0 614 101 A (CANON KK) 7 septembre 1994 (1994-09-07) * abrégé *	1	G02B G09F
A	DE 44 03 297 A (SCHWESINGER NORBERT DR ;HEIM ULF (DE); WURMUS HELMUT PROF DR (DE)) 4 mai 1995 (1995-05-04) * colonne 2, ligne 10 - ligne 28 * * colonne 2, ligne 42 - ligne 64 *	1	
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
22 janvier 2002		Mollenhauer, R	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS			
<p>X : particulièrement pertinent à lui seul  Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie  A : arrière-plan technologique  O : divulgation non-écrite  P : document Intercaire</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention  E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure.  D : cité dans la demande  L : cité pour d'autres raisons</p> <p>&amp; : membre de la même famille, document correspondant</p>			

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE  
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 0106144 FA 607185**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.  
Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du 22-01-2002  
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 4403248	A	06-09-1983	NL 8001281 A	01-10-1981
			CA 1158436 A1	13-12-1983
			DE 3160906 D1	27-10-1983
			EP 0035299 A2	09-09-1981
			ES 499962 D0	16-12-1981
			ES 8201739 A1	16-03-1982
			JP 56137384 A	27-10-1981
			US 4459182 A	10-07-1984
US 4178077	A	11-12-1979	NL 7510103 A	01-03-1977
			CA 1065979 A1	06-11-1979
			DE 2637703 A1	03-03-1977
			FR 2322416 A1	25-03-1977
			GB 1533458 A	22-11-1978
			JP 1266323 C	27-05-1985
			JP 52028294 A	03-03-1977
			JP 59036753 B	05-09-1984
			JP 1237010 C	31-10-1984
			JP 58059489 A	08-04-1983
			JP 59012173 B	21-03-1984
			JP 1237011 C	31-10-1984
			JP 58065475 A	19-04-1983
			JP 59012174 B	21-03-1984
			US 4309242 A	05-01-1982
			US RE31498 E	17-01-1984
US 3955880	A	11-05-1976	DE 2336930 A1	06-02-1975
			CA 1018275 A1	27-09-1977
			JP 1171504 C	17-10-1983
			JP 50055349 A	15-05-1975
			JP 58004321 B	26-01-1983
US 4617608	A	14-10-1986	CA 1260085 A1	26-09-1989
			DE 3578019 D1	05-07-1990
			EP 0205488 A1	30-12-1986
			WO 8604182 A1	17-07-1986
			JP 62501387 T	04-06-1987
			US RE33651 E	30-07-1991
EP 1055949	A	29-11-2000	FR 2794251 A1	01-12-2000
			EP 1055949 A1	29-11-2000
EP 0614101	A	07-09-1994	JP 6230295 A	19-08-1994
			JP 6230296 A	19-08-1994
			EP 0614101 A2	07-09-1994

EPO FORM P0465

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE  
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 0106144 FA 607185**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.  
Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du 22-01-2002.  
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française.

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
DE 4403297 A	04-05-1995	DE 4403297 A1	04-05-1995
		DE 59406500 D1	27-08-1998
		WO 9512831 A1	11-05-1995
		EP 0677176 A1	18-10-1995
		FI 953083 A	21-06-1995
		JP 8505962 T	25-06-1996
		US 5719694 A	17-02-1998
<hr/>			

EPO FORM P0465

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**